

10/536696  
PCT/EP200 3/050882

EPO - DG1

17 DEC 2003

112

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

REC'D 11 FEB 2004

WIPO

PCT

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 28 NOV. 2003

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

# Best Available Copy



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

16 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260399

Réserve à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

29 NOV 2002

LIEU

75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT

0215075

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

PAR L'INPI

29 NOV. 2002

Vos références pour ce dossier

(facultatif)

62928

**1** NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Mme Sophie ESSELIN  
THALES INTELLECTUAL PROPERTY  
13 avenue du Président Salvador Allende  
94117 ARCUEIL CEDEX

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

**2** NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

*Demande de brevet initiale*

N°

Date

/ /

*ou demande de certificat d'utilité initiale*

N°

Date

/ /

Transformation d'une demande de

brevet européen *Demande de brevet initiale*

☐

N°

Date

/ /

**3** TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE DE REALISATION DE RESEAUX OPTIQUES NON LINEAIRES EPAIS

**4** DÉCLARATION DE PRIORITÉ

OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE

LA DATE DE DÉPÔT D'UNE

DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date / /

N°

Pays ou organisation

Date / /

N°

Pays ou organisation

Date / /

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

**5** DEMANDEUR

☐ S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Nom ou dénomination sociale

THALES

Prénoms

Forme juridique

Société Anonyme

N° SIREN

5 5 2 0 5 9 0 2 4

Code APE-NAF

Adresse

Rue

173 boulevard Haussmann

Code postal et ville

75008

PARIS

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

Réserve à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

29 NOV 2002

LEU

75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT

0215075

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 260899

**Vos références pour ce dossier :**  
(facultatif)

62928

**6 MANDATAIRE**

Nom

ESSELIN

Prénom

Sophie

Cabinet ou Société

THALES

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

8325

Adresse

Rue

13 avenue du Président Salvador Allende

Code postal et ville

94117

ARCUEIL CEDEX

N° de téléphone (facultatif)

01 41 48 45 24

N° de télécopie (facultatif)

01 41 48 45 01

Adresse électronique (facultatif)

**7 INVENTEUR (S)**

Les inventeurs sont les demandeurs

☐ Oui

☒ Non

Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

Établissement immédiat  
ou établissement différé

☒

☐

Paiement échelonné de la redevance

Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques

☐ Oui

☒ Non

**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**

Uniquement pour les personnes physiques

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)

☐ Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):

Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite»,  
indiquez le nombre de pages jointes

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**  
(Nom et qualité du signataire)

Sophie ESSELIN



**VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI**

RECEVÉ

## PROCEDE DE REALISATION DE RESEAUX OPTIQUES NON LINEAIRES EPAIS

Le domaine de l'invention est celui des réseaux optiques non linéaires. D'une façon générale, l'interaction de la lumière avec un matériau optiquement non linéaire en modifie les propriétés optiques. On génère ainsi une ou plusieurs ondes lumineuses dont les fréquences, les phases ou les polarisations sont différentes de celle de la lumière incidente. Les applications sont nombreuses. On citera notamment les doubleurs et les mélangeurs de fréquence optique ou les amplificateurs et oscillateurs paramétriques optiques utilisés dans les domaines des lasers de puissance ou des télécommunications à haut débit.

L'effet optique non linéaire dépend du tenseur de susceptibilité du matériau reliant la polarisation induite de l'onde générée au champ électrique de l'onde incidente. D'une façon générale, ce tenseur de forme matricielle comprend 27 composantes appelées coefficients non linéaires et notés  $d$ .

Les processus non-linéaires quadratiques ou d'ordre 2 qui sont les plus fréquemment utilisés nécessitent l'accord de phase entre l'onde incidente dite onde de pompe et la ou les ondes générées dite ondes harmoniques lors de la propagation dans le milieu non-linéaire. La dispersion des indices optiques entre l'onde de pompe et les ondes harmoniques ne permet en pratique de satisfaire cette condition que dans un nombre limité de matériaux biréfringents. Malheureusement, ces matériaux ne possèdent pas nécessairement les meilleurs coefficients non-linéaires, des plages de longueur d'onde importantes, des gammes de température d'utilisation et de focalisation des faisceaux suffisantes.

L'utilisation de réseaux optiques non linéaires composés de structures à base de cristaux optiques non linéaires permet, sous certaines conditions, de s'affranchir en partie de ces limitations. On utilise, notamment, la technique du Quasi-Accord de Phase (QAP). Celle-ci consiste à réaliser des modifications locales des propriétés non-linéaires d'un cristal non linéaire afin que le désaccord de phase entre les ondes accumulé au cours de la propagation soit périodiquement compensé (J.A. Armstrong, N. Bloembergen, J. Ducuing and P.S. Pershan, « Interactions between light

waves in a nonlinear dielectric », Physical Review, Vol. 127, n°6, pp. 1918-1939, 1962). Dans le cas de matériaux ferroélectriques comme le niobate de lithium, on sait inverser le signe de la polarisation diélectrique de domaines de quelques microns de large, dans toute la profondeur des substrats, par application d'un champ électrique selon l'axe cristallographique Z de ce matériau. Soit d le coefficient non-linéaire mis en jeu, un faisceau se propageant perpendiculairement à l'axe cristallographique Z voit une modulation de la susceptibilité du type  $+d/-d/+d/-d/+d/\dots$ , propice au QAP. En fonction des propriétés spectrales recherchées, il peut être avantageux d'utiliser d'autres combinaisons de coefficients non-linéaires, à valeurs opposées ou différentes, à pas constant ou variable, à rapport cyclique symétrique ou non, à pas unique ou à sections successives de pas différents.

Certains semi-conducteurs facilement disponibles grâce à l'industrie de la micro-électronique, comme l'arséniure de gallium (AsGa), présentent à la fois de forts coefficients non-linéaires et de larges gammes de transparence. Toutefois, ces cristaux appartiennent à la classe cristallographique de symétrie cubique, ce qui les rend isotropes, et donc impropres au traditionnel accord de phase biréfringent. D'autre part, ils ne disposent pas des propriétés ferroélectriques utilisables pour structurer un réseau optique non-linéaire comme les cristaux de niobate de lithium.

Il est cependant possible d'utiliser l'AsGa en régime de QAP en fabriquant des structures à orientation cristalline périodiquement inversée. Par exemple, on peut réaliser des empilements monolithiques de lames d'AsGa assemblées tête-bêche puis les soumettre à une cuisson sous pression (E. Lallier, M. Brevignon and J. Lehoux, « Efficient second-harmonic generation of a CO<sub>2</sub> laser with a quasi-phase-matched GaAs crystal », Optics Letters, Vol. 23, n°19, pp. 1511-1513, 1998). Cependant, il est impossible de manipuler en pratique un grand nombre de lames d'épaisseur faible, ce qui limite l'intérêt de tels empilements.

Les méthodes de dépôts par épitaxie permettent de fabriquer des structures d'AsGa à orientation cristalline périodiquement inversée avec moins de contraintes que la technique précédente concernant les périodes et la longueur des réseaux.

Pour des applications d'optique guidée, la croissance épitaxiale de couches guidantes est possible à partir d'un substrat-germe comportant un réseau de bandes d'AsGa de faible épaisseur d'orientation inversée (J.B. Yoo, R. Bhat, C. Caneau and M.A. Koza, « Quasi-phase-matched second-harmonic generation in AlGaAs waveguides with periodic domain inversion achieved by wafer-bonding », Applied Physics Letters, Vol. 66, n°25, pp. 3410-3412, 1995).

Pour des applications mettant en jeu des puissances optiques importantes, il est nécessaire de disposer de réseaux optiques non-linéaires massifs de plusieurs centaines de microns d'épaisseur. Les dépôts par épitaxie de type « Organo-Metallic Chemical Vapour Deposition », ou OMCVD, et « Molecular Beam Epitaxy », ou MBE, ne sont pas adaptés. La technique de dépôt à partir d'un substrat-germe, sélective en orientation cristalline, dite « Hydride Vapour Phase Epitaxy » ou HVPE, peut néanmoins conduire à des réseaux optiques non-linéaires épais à partir de structures à base d'AsGa (L. Becouarn, B. Gerard, M. Brevignon, J. Lehoux, Y. Gourdel and E. Lallier, « Second-harmonic generation of CO<sub>2</sub> laser using thick quasi-phase-matched GaAs layer grown by hydride vapour phase epitaxy », Electronics Letters, Vol. 34, n°25, pp. 2409-2410, 1998 — L.A. Eyres, P.J. Tourreau, T.J. Pinguet, C.B. Ebert, J.S. Harris, M.M. Fejer, L. Becouarn, B. Gerard and E. Lallier, « All-epitaxial fabrication of thick, orientation-patterned GaAs films for nonlinear optical frequency conversion », Applied Physics Letters, Vol. 79, n°7, pp. 904-907, 2001).

Ces techniques présentent des inconvénients majeurs. Bien que les vitesses de croissance par HVPE sur les deux orientations présentes à la surface du substrat-germe soient très proches, un écart résiduel demeure et conduit à une surface au relief marqué, ce point étant identifié comme la cause d'importantes pertes à la propagation.

Des défauts de croissance fixent également une limite à la qualité des cristaux obtenus : plus la période des réseaux optiques non-linéaires est petite, plus il devient difficile d'obtenir ces derniers de façon fidèle au substrat-germe sur une grande épaisseur.

Le procédé proposé par l'invention permet soit d'obtenir un réseau optique non linéaire de bonne qualité sur des épaisseurs importantes, soit de

réaliser des guides d'onde comportant un réseau optique non linéaire sans atténuations importantes. Ce procédé s'applique tout particulièrement aux réseaux à base de matériaux semi-conducteurs comme l'AsGa qui présentent de grands avantages techniques tant du point de vue de leurs propriétés physiques que de leur mise en œuvre technologique.

Plus précisément, l'invention a pour objet un procédé de réalisation d'un réseau optique non linéaire épais à partir d'un réseau optique non linéaire épais initial, l'épaisseur du réseau optique non linéaire étant supérieure à l'épaisseur du réseau optique non linéaire initial, ledit réseau initial comportant au moins une pluralité de couches planes et parallèles entre elles, lesdites couches ayant au moins deux coefficients non linéaires différents en valeurs algébriques, ledit réseau initial comprenant une première face et une seconde face sensiblement parallèles entre elles et sensiblement perpendiculaires au plan moyen des couches, ladite seconde face étant libre, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de réalisation suivantes :

- Une première étape de détermination de l'épaisseur de la partie supérieure du réseau initial située sous la seconde face comportant des imperfections de structure ;
- Une seconde étape de polissage de la seconde face dudit réseau initial permettant d'éliminer la partie supérieure comportant lesdites imperfections et d'obtenir une troisième face polie et plane, ladite face sensiblement perpendiculaire au plan moyen des couches ;
- Une troisième étape de nettoyage et de contrôle de ladite troisième face ;
- Au moins, une quatrième étape de dépôt par épitaxie d'au moins une couche déposée de matériau sur ladite troisième face, la croissance épitaxiale reproduisant dans ladite couche déposée une structure semblable à celle du réseau initial, l'ensemble du réseau initial et de ladite couche déposée constituant le réseau optique non linéaire.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

- les figures 1 à 4 représentent les différentes étapes du procédé de réalisation selon l'invention. Elles comportent une vue générale en coupe du réseau et une vue cerclée partielle agrandie montrant la structure du réseau ;

5           - les figures 5a et 5b représentent les différentes étapes de réalisation du premier réseau optique dans le cas où celui-ci est réalisé à partir d'un ensemble monolithique de lames cristallines ;

10           - les figures 6a à 6c représentent les différentes étapes d'un procédé de préparation du réseau permettant de faciliter l'opération de polissage du réseau optique initial.

15           La figure 1 représente une vue en coupe et une vue agrandie du réseau optique non linéaire initial 1. Ce réseau 1 comporte une pluralité de couches 20 dont les coefficients linéaires varient d'une couche à la couche suivante. Ce réseau comporte une première face 11 et une seconde face 12 sensiblement parallèles. Il existe différents procédés de réalisation dudit réseau initial.

20           Dans un premier mode de réalisation tel que représenté sur la figure 1, le matériau non linéaire est déposé sur un substrat germe 3. Celui-ci comprend un matériau cristallin ayant une première orientation cristalline, la face supérieure 11 du substrat germe comportant une structure de faible épaisseur, ladite structure étant constituée d'un réseau dit précurseur de bandes parallèles du même matériau cristallin et d'orientation cristalline inverse de celle du matériau cristallin du substrat germe 3. Le dépôt est effectué, par exemple, par la méthode de croissance épitaxiale HVPE (Hydride Vapour Phase Epitaxy) sur la face supérieure 11 du substrat germe. Dans ce cas, le dépôt, sélectif en termes d'orientation cristalline, est effectué sur une épaisseur totale  $E_0$ . Cette épaisseur comporte d'une part des imperfections de la surface 12 sur une première épaisseur  $E_{01}$  et d'autre part des imperfections de structure sur une seconde épaisseur  $E_{02}$  dues, par exemple, aux variations de vitesse de croissance des différentes couches lors du dépôt ou aux défauts initiaux du substrat germe. L'épaisseur utile  $E_1$  vaut donc :

$$E_1 = E_0 - E_{01} - E_{02}$$



Dans un second mode de réalisation, le procédé de réalisation du réseau optique initial comporte les étapes suivantes :

• Une première sous-étape de réalisation d'un empilement de lames cristallines 21 à faces planes et parallèles de même matériau, de faible épaisseur à orientation cristalline périodiquement alternée ;

• Une seconde sous-étape d'assemblage desdites lames de façon à obtenir un seul ensemble monolithique constituant ledit réseau optique initial 1, ledit réseau comportant une première face 11 et une seconde face 12 sensiblement perpendiculaires au plan moyen des lames cristallines tel que représenté sur la figure 5a.

Là encore, il est impossible d'obtenir un empilement parfait sur toute son épaisseur et les faces de l'empilement présentent, par conséquent, également des imperfections de surface et de structure.

La première étape du procédé de réalisation consiste à déterminer l'épaisseur utile  $E_1$ . Les épaisseurs des différentes couches étant de l'ordre de quelques microns à quelques dizaines de microns, les moyens de détermination de l'épaisseur comprenant des imperfections sont des dispositifs de visualisation optiques. L'observation par la tranche du réseau initial permet de déterminer les épaisseurs  $E_0$ ,  $E_{01}$  et  $E_{02}$ . Une découpe éventuelle peut être réalisée dans le substrat de façon que le réseau affleure le substrat après découpe, améliorant ainsi l'observation. Une révélation chimique éventuelle peut être également réalisée afin d'améliorer le contraste.

Avant de réaliser la seconde étape du procédé de réalisation, des étapes de préparation préliminaires peuvent être effectuées afin de faciliter ladite étape.

Dans le cas où le réseau initial a été réalisé sur un substrat germe, ces étapes préliminaires sont représentées sur les figures 6a à 6c. Elles comportent :

• Une première étape préliminaire de doucissage de la face inférieure 14 du substrat pour obtenir la face plane et polie 14 bis (figure 6a et figure 6b) ;

- Une seconde étape préliminaire de collage d'au moins ladite face inférieure 14bis sur au moins un support plan 32 (figure 6c), la mise en place du support facilitant la manipulation du réseau optique initial pour les opérations de polissage ultérieures.

5 Dans le cas où le réseau initial est un empilement monolithique de lames cristallines, les étapes préliminaires sont les suivantes :

- Une première étape préliminaire de doucissage de la première face 11 de l'empilement monolithique pour obtenir la face plane 11bis ;

- Une seconde étape préliminaire de collage d'au moins ladite  
10 première face 11bis sur au moins un support plan 32 comme indiqué sur la figure 5b, la mise en place du support facilitant la manipulation de l'ensemble monolithique pour les opérations de polissage ultérieures de la seconde face. Eventuellement, des renforts latéraux 31 peuvent être disposés d'au moins un côté de l'empilement monolithique 2, lesdits renforts étant solidaires du  
15 support 32.

La seconde étape du procédé de réalisation consiste, dans un premier temps, à doucir la face 12 par abrasion mécanique de façon à éliminer les perturbations de surface présentes dans les épaisseurs  $E_{01}$  et  
20  $E_{02}$  ; puis dans un second temps de compléter cette première opération de doucissage mécanique par une seconde opération de polissage mécano-chimique et d'obtenir une qualité de surface suffisante pour réaliser un dépôt par épitaxie. On obtient alors la face plane polie 13 sensiblement perpendiculaire au plan moyen des couches du réseau 1. Cette seconde  
25 opération peut s'avérer superflue dans certaines conditions de dépôts par épitaxie par la méthode HVPE.

Lorsque le premier réseau a été réalisé sur un substrat de grande taille, typiquement de diamètre supérieur à 50 millimètres (soit l'équivalent d'un diamètre de « wafer » standard de 2 inches en unité anglaise), il est  
30 possible de polir la face 12 du réseau et la face inférieure 14 du substrat simultanément dans un dispositif à double plateaux. Ces dispositifs sont notamment utilisés dans l'industrie de la microélectronique pour polir les tranches de semi-conducteurs. Il est, cependant, dans ce cas, plus difficile de contrôler l'épaisseur et la qualité du réseau obtenu. On procède alors par

étapes successives jusqu'à l'obtention d'un réseau poli ne contenant plus de perturbations de structures.

Pour réussir cette opération de polissage, le réseau ne doit pas être trop fragile. Lorsque le réseau initial a été réalisé sur un substrat, une  
 5 épaisseur minimale de 50 microns pour le réseau seul et de 300 microns pour le substrat pour est souhaitable ; lorsque le réseau initial ne comporte pas de substrat, une épaisseur minimale de 350 microns est souhaitable.

On obtient en finale le réseau représenté sur la figure 2. La  
 10 seconde face 12 est devenue la troisième face plane 13. L'épaisseur du réseau est maintenant  $E_1$ .

Dans une troisième étape du procédé, la surface 13 est nettoyée et contrôlée, par exemple par des moyens optiques, afin de vérifier que le  
 15 réseau est prêt à l'emploi pour des dépôts par épitaxie dans des conditions qui préservent la structure du réseau.

Enfin, dans une quatrième étape du procédé, au moins une première couche 1bis de matériau est déposée sur ladite troisième face 13 dans des conditions préservant la structure du premier réseau, l'ensemble du  
 20 premier réseau 1 et de ladite couche 1bis constituant le second réseau optique non linéaire 2 comme il est indiqué sur la figure 3. La couche 1bis ayant une épaisseur  $E_{1bis}$ , l'épaisseur finale du réseau vaut maintenant  $E_2$  avec :

$$E_2 = E_{1bis} + E_1$$

25

Il est, bien entendu possible de recommencer au moins une fois la quatrième étape comme il est indiqué sur la figure 4. Sur cette figure, une seconde couche 1ter d'épaisseur  $E_{1ter}$  est déposée sur la couche 1bis. En finale, le réseau a donc l'épaisseur totale  $E_{2bis}$  qui vaut :

30

$$E_{2bis} = E_2 + E_{1ter} = E_{1ter} + E_{1bis} + E_1$$

Cette technique peut être utilisée :

- soit pour augmenter l'épaisseur finale du réseau, chaque couche est alors composée du même matériau.

- Soit pour réaliser des fonctions particulières de type guide d'onde, les matériaux de deux couches successives ont alors des propriétés optiques différentes, comme, notamment, leur indice optique.

5

Les dépôts des couches sont réalisés par épitaxie. Parmi les procédés possibles, on citera :

- la méthode de croissance épitaxiale OMCVD (Organo-Metallic Chemical Vapour Deposition) et la méthode de croissance épitaxiale MBE (Molecular Beam Epitaxy) pour réaliser des couches ne dépassant pas quelques microns d'épaisseurs.
- La méthode de croissance épitaxiale HVPE (Hydride Vapour Phase Epitaxy) pour réaliser des couches plus épaisses.

10

15

Si le substrat de départ comporte des zones sans réseau optique non-linéaire, la qualité de la préparation de sa surface peut également permettre de fabriquer par épitaxie, par les méthodes OMCVD ou MBE, des structures co-intégrées avec des guides d'onde à réseau optique non-linéaire comme par exemple des diodes laser, des modulateurs optiques, des sections à réseau de Bragg ....

20

Il existe différents matériaux possibles permettant de réaliser les réseaux optiques non linéaires. Il est possible d'utiliser, par exemple, un cristal appartenant à la classe cristallographique cubique  $\bar{4}3m$ .

25

Le tenseur de susceptibilité est représenté ci-dessous pour cette classe cristallographique :

30

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & d & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d \end{pmatrix}$$

Ce cristal peut être ou de l'arséniure de gallium (AsGa) ou du phosphore d'indium (InP) ou du tellure de cadmium (CdTe) ou du sélénure de zinc (ZnSe) ou du tellure de zinc (ZnTe) ou du phosphore de gallium (GaP) ou de l'arséniure d'indium (InAs) ou de l'antimoniure d'indium (InSb).

35

Le matériau peut également être du tellure (Te) ou du sélénium (Se) ou du nitrure de gallium (GaN).

- 5 Il est également possible d'utiliser de l'arséniure de gallium et d'aluminium (GaAlAs) pour réaliser des couches d'indices différents permettant la réalisation de guides d'onde.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un réseau optique non linéaire épais (2) à partir d'un réseau optique non linéaire épais initial (1), l'épaisseur ( $E_2$ ) du réseau optique non linéaire (2) étant supérieure à l'épaisseur ( $E_0$ ) du réseau optique non linéaire initial (1), ledit réseau initial comportant au moins une pluralité de couches (20) planes et parallèles entre elles, lesdites couches ayant au moins deux coefficients non linéaires différents en valeurs algébriques, ledit réseau initial comprenant une première face (11) et une seconde face (12) sensiblement parallèles entre elles et sensiblement perpendiculaires au plan moyen des couches, ladite seconde face (12) étant libre, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de réalisation suivantes :
- Une première étape de détermination de l'épaisseur ( $E_{01}$ ,  $E_{02}$ ) de la partie supérieure du réseau initial (1) située sous la seconde face (12) comportant des imperfections de structure ;
  - Une seconde étape de polissage de la seconde face (12) dudit réseau initial (1) permettant d'éliminer la partie supérieure comportant lesdites imperfections et d'obtenir une troisième face (13) polie et plane, ladite face sensiblement perpendiculaire au plan moyen des couches (20) ;
  - Une troisième étape de nettoyage et de contrôle de ladite troisième face (13) ;
  - Au moins, une quatrième étape de dépôt par épitaxie d'au moins une couche déposée (1bis, 1ter) de matériau sur ladite troisième face (13), la croissance épitaxiale reproduisant dans ladite couche déposée une structure semblable à celle du réseau initial, l'ensemble du réseau initial (1) et de ladite couche déposée (1bis, 1ter) constituant le réseau optique non linéaire (2).
2. Procédé de réalisation d'un réseau optique (2) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de détermination de l'épaisseur comprenant des imperfections sont des dispositifs de visualisation optiques.

3. Procédé de réalisation d'un réseau optique (2) non linéaire selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'épaisseur ( $E_1$ ) du réseau optique initial, après la seconde étape de réalisation, vaut, au moins, 50 microns.

5

4. Procédé de réalisation d'un réseau optique (2) non linéaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que le réseau optique (1) non linéaire initial est porté par un substrat germe (3) comportant une face inférieure (14) et une face supérieure plane (11), la face supérieure (11) du  
10 substrat germe étant confondue avec la première face (11) dudit réseau optique non linéaire initial (1).

5. Procédé de réalisation d'un réseau optique (2) non linéaire selon la revendication 4, caractérisé en ce que le substrat germe (3)  
15 comprend un matériau cristallin ayant une première orientation cristalline, la face supérieure (11) du substrat germe comportant une structure de faible épaisseur, ladite structure étant constituée d'un réseau précurseur de bandes parallèles du même matériau cristallin et d'orientation cristalline inverse de celle du substrat germe (3).

20

6. Procédé de réalisation d'un réseau optique (2) non linéaire selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'épaisseur du substrat germe (3) vaut, au moins, 300 microns.

25

7. Procédé de réalisation d'un réseau optique (2) selon la revendication 4, caractérisé en ce que la seconde étape de réalisation comporte les étapes préliminaires suivantes :

- Une première étape préliminaire de doucissage de la face inférieure (14) du substrat ;
- 30 • Une seconde étape préliminaire de collage d'au moins ladite face inférieure (14) sur au moins un support plan (32), la mise en place du support facilitant la manipulation du réseau optique initial (1) pour les opérations de polissage ultérieures.

8. Procédé de réalisation d'un réseau optique (2) non linéaire selon la revendication 4, caractérisé en ce que le réseau optique (1) non linéaire initial est obtenu par la méthode de croissance épitaxiale HVPE (Hydride Vapour Phase Epitaxy) sur la face supérieure du substrat germe (3).

9. Procédé de réalisation d'un réseau optique (2) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le procédé de réalisation du réseau optique non linéaire initial (1) comporte les sous-étapes suivantes :

- 10 • Une première sous-étape de réalisation d'un empilement de lames cristallines (21) à faces planes et parallèles de même matériau, de faible épaisseur à orientation cristalline périodiquement alternée ;
- Une seconde sous-étape d'assemblage desdites lames cristallines de façon à obtenir un seul ensemble monolithique (1) constituant
- 15 le réseau optique initial, ledit réseau initial comportant une première face (11) et une seconde face (12) sensiblement perpendiculaires au plan moyen des lames cristallines.

10. Procédé de réalisation d'un réseau optique selon la revendication 9, caractérisé en ce que la seconde étape de réalisation du réseau initial (2) est précédée des étapes préliminaires suivantes :

- Une première étape préliminaire de doucissage de la première face (11) de l'empilement monolithique ;
- Une seconde étape préliminaire de collage d'au moins ladite
- 25 première face (11) sur au moins un support plan (32), la mise en place du support facilitant la manipulation de l'ensemble monolithique pour les opérations de polissage ultérieures de la seconde face (12).

11. Procédé de réalisation d'un réseau optique (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, au cours de la quatrième étape de réalisation, au moins deux couches (1bis, 1ter) de matériau d'indice optique différent sont déposées, de façon à constituer un guide d'onde optique.



12. Procédé de réalisation d'un réseau optique (2) non linéaire selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que, au cours de la quatrième étape de réalisation, au moins une des couches (1bis, 1ter) est obtenue par la méthode de croissance épitaxiale OMCVD (Organo-Metallic Chemical Vapour Deposition) ou MBE (Molecular Beam Epitaxy).

13. Composant optique comportant au moins un réseau optique (2) non linéaire obtenu par un procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le matériau du réseau est un cristal appartenant à la classe cristallographique cubique  $\bar{4}3m$ .

14. Composant optique selon la revendication 13, caractérisé en ce que, au moins un des matériaux d'un des réseaux (1, 2) non linéaires est de l'arséniure de gallium (AsGa) ou du phosphure d'indium (InP) ou du tellure de cadmium (CdTe) ou du sélénure de zinc (ZnSe) ou du tellure de zinc (ZnTe) ou du phosphure de gallium (GaP) ou de l'arséniure d'indium (InAs) ou de l'antimoniure d'indium (InSb).

15. Composant optique comportant au moins un réseau optique non linéaire (2) obtenu par un procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que, au moins un des matériaux d'un des réseaux (1, 2) non linéaires est du tellure (Te) ou du sélénium (Se) ou du nitrure de gallium (GaN).

16. Composant optique comportant au moins un réseau optique non linéaire obtenu par un procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que au moins un des matériaux d'un des réseaux (1, 2) non linéaires est de l'arséniure de gallium et d'aluminium (GaAlAs).

17. Composant opto-électronique comportant des structures co-intégrées comprenant des guides d'onde à réseaux optiques non linéaires, caractérisé en ce que lesdits réseaux optiques non linéaires sont réalisés par un procédé selon l'une des revendications précédentes.

18. Composant opto-électronique selon la revendication 17, caractérisé en ce que le composant opto-électronique est soit une diode laser, soit un modulateur optique.

5            19. Composant opto-électronique selon la revendication 17, caractérisé en ce que le composant opto-électronique comporte des sections à réseaux de Bragg.

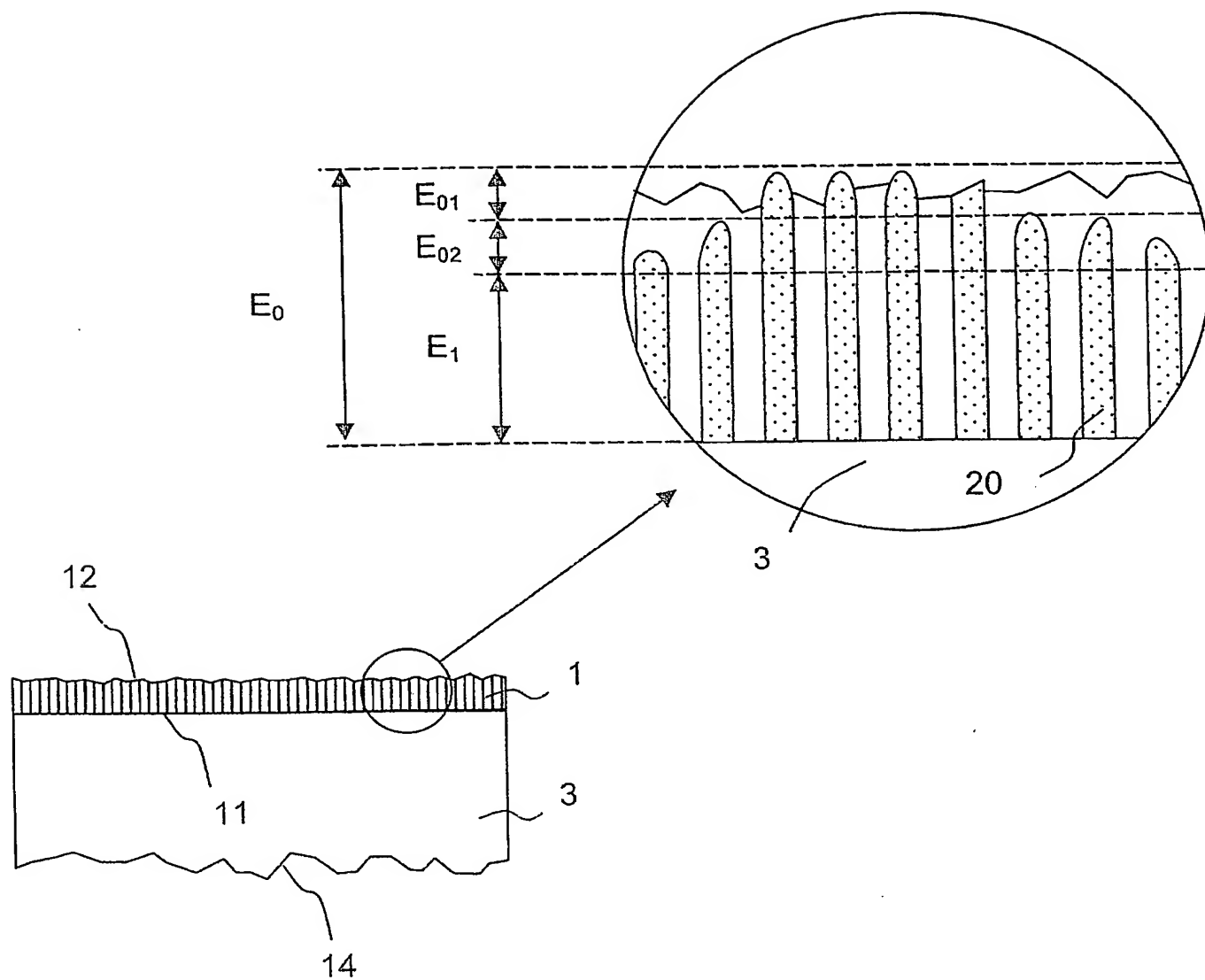


FIG. 1

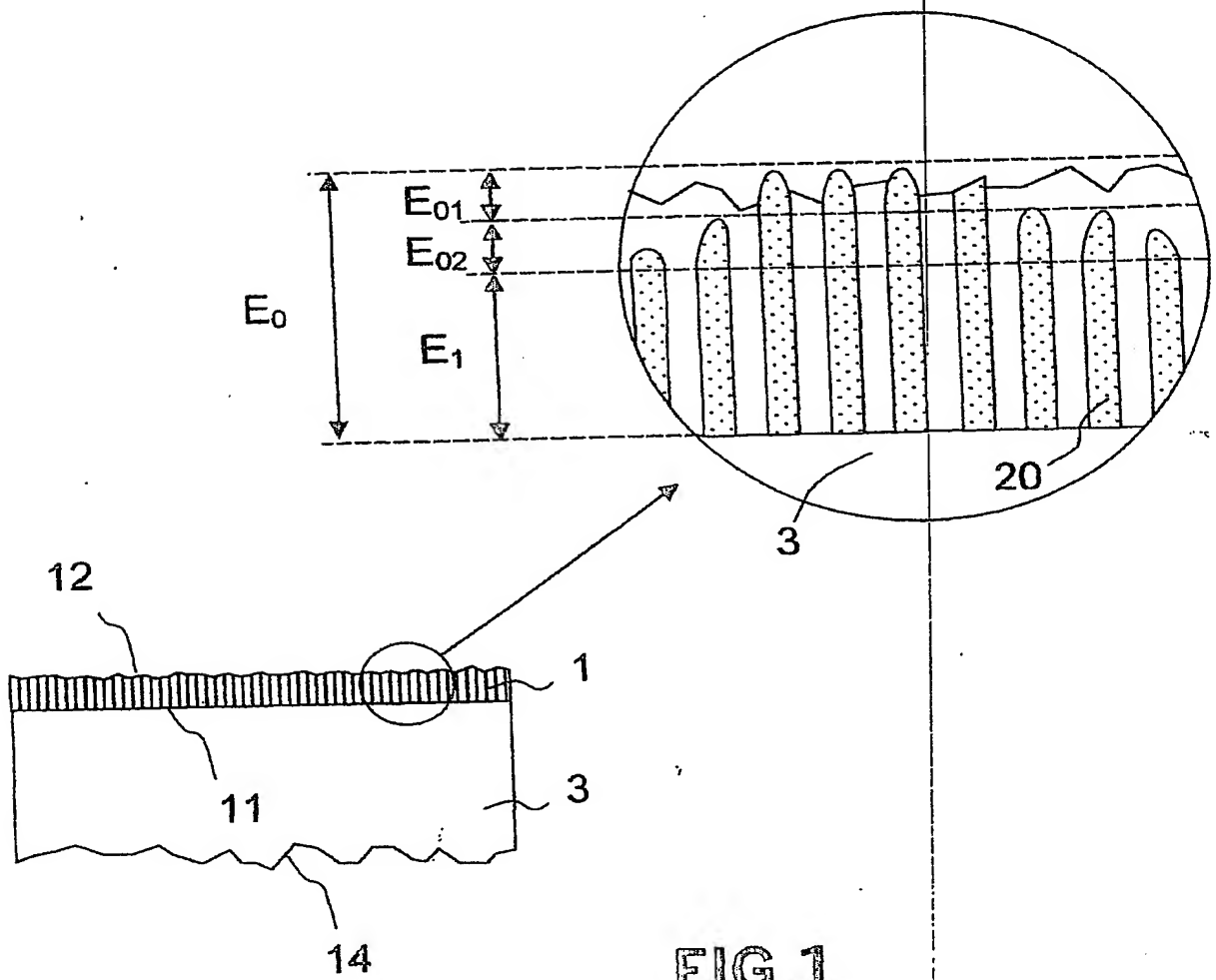


FIG.1

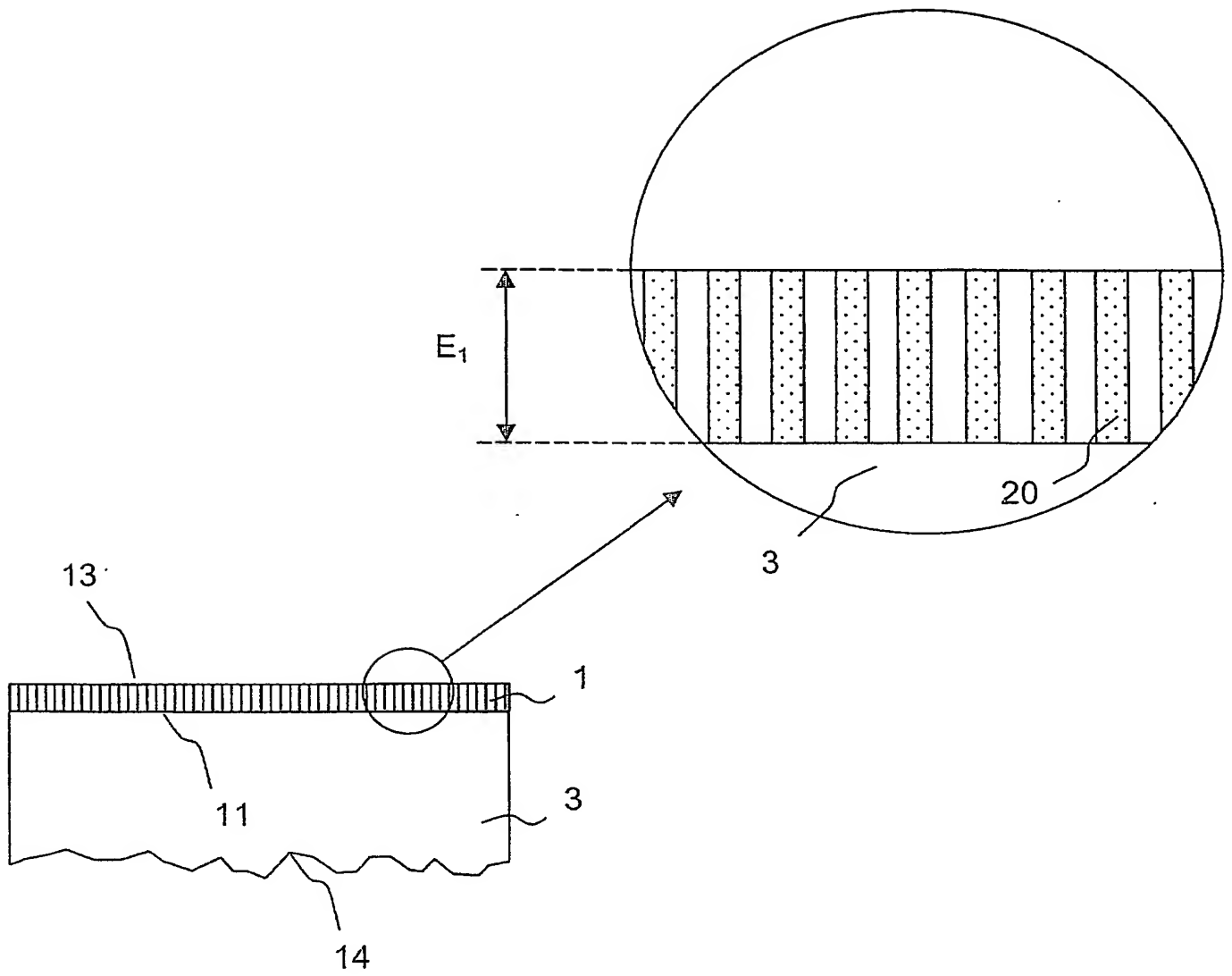
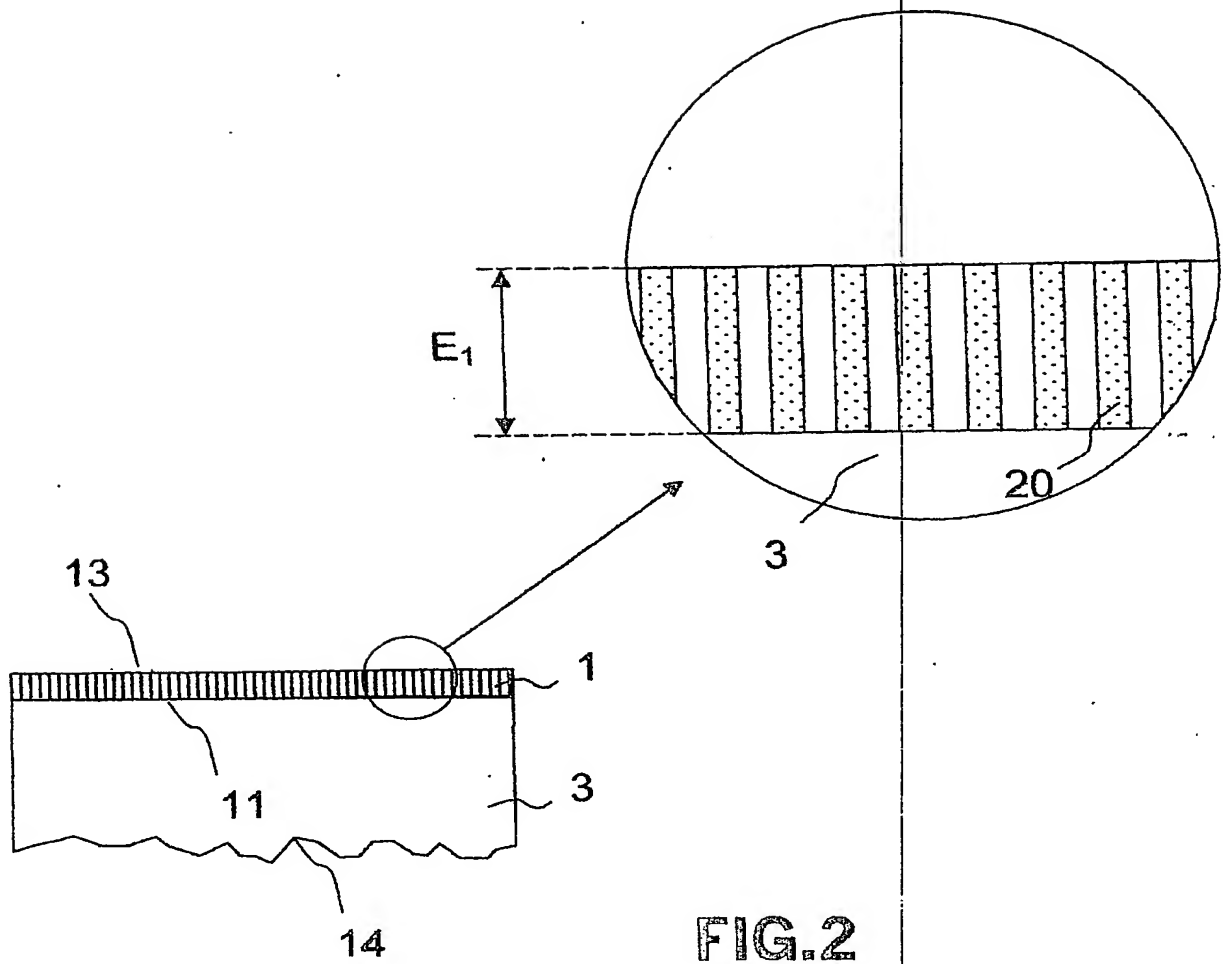


FIG. 2



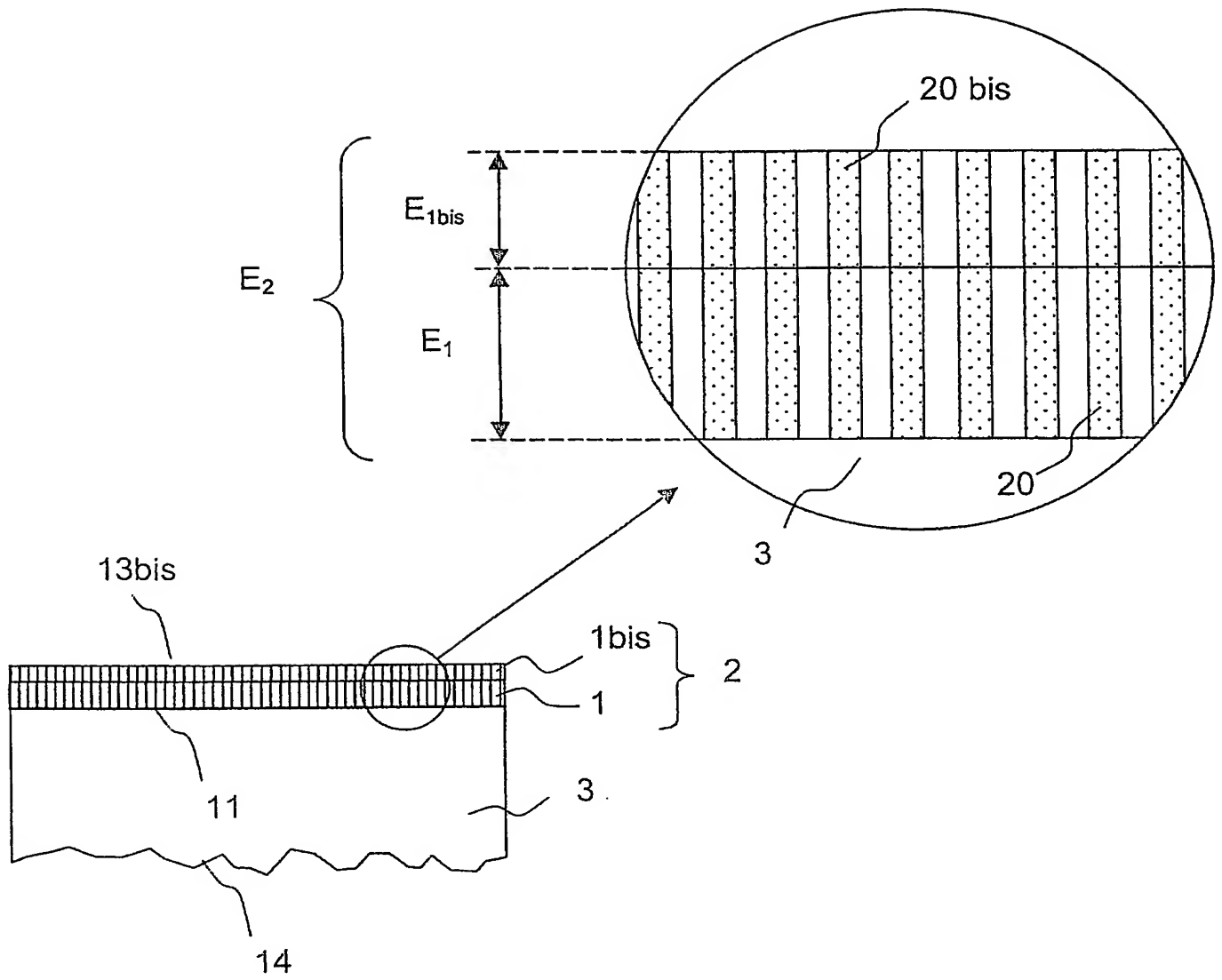


FIG. 3

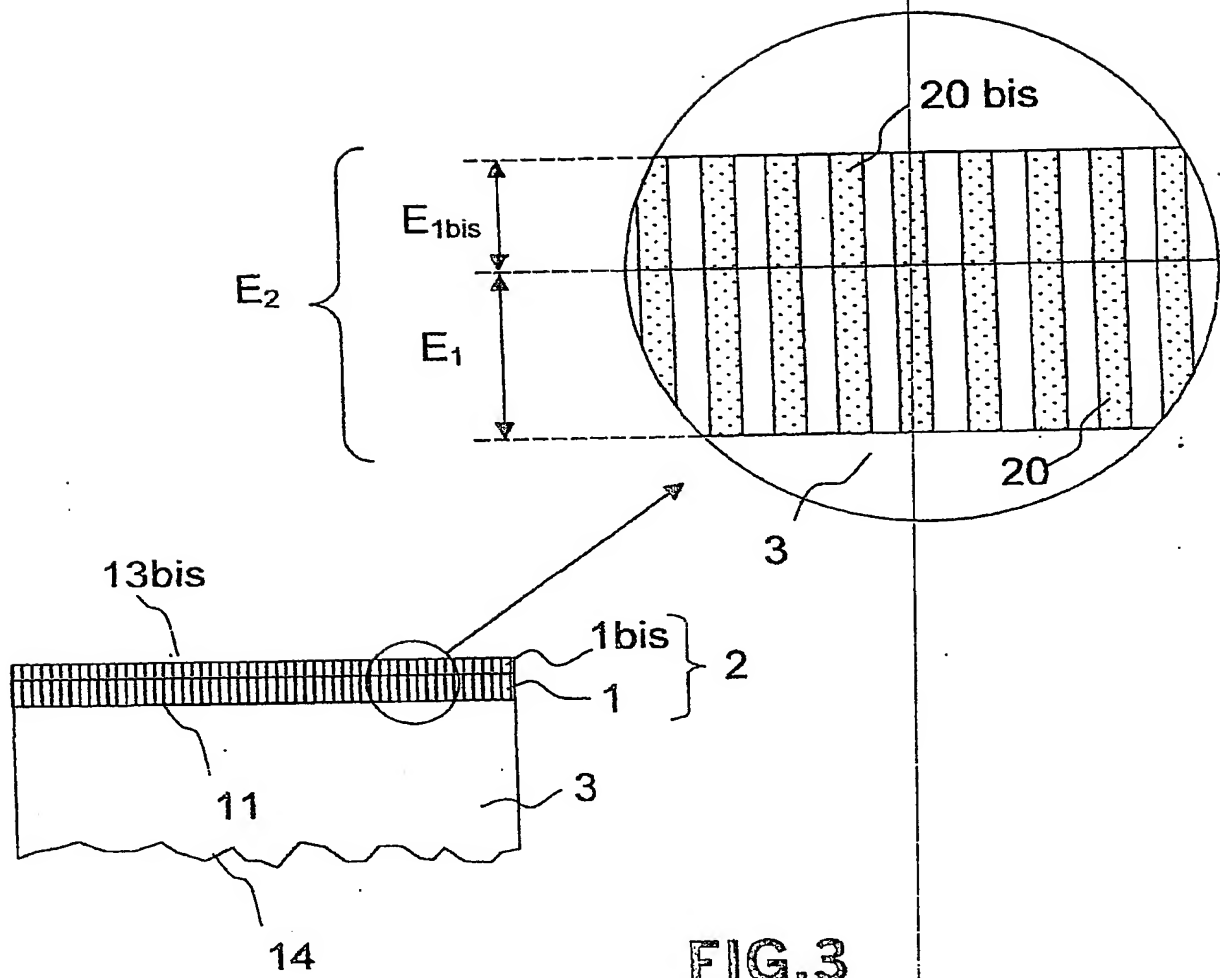


FIG.3



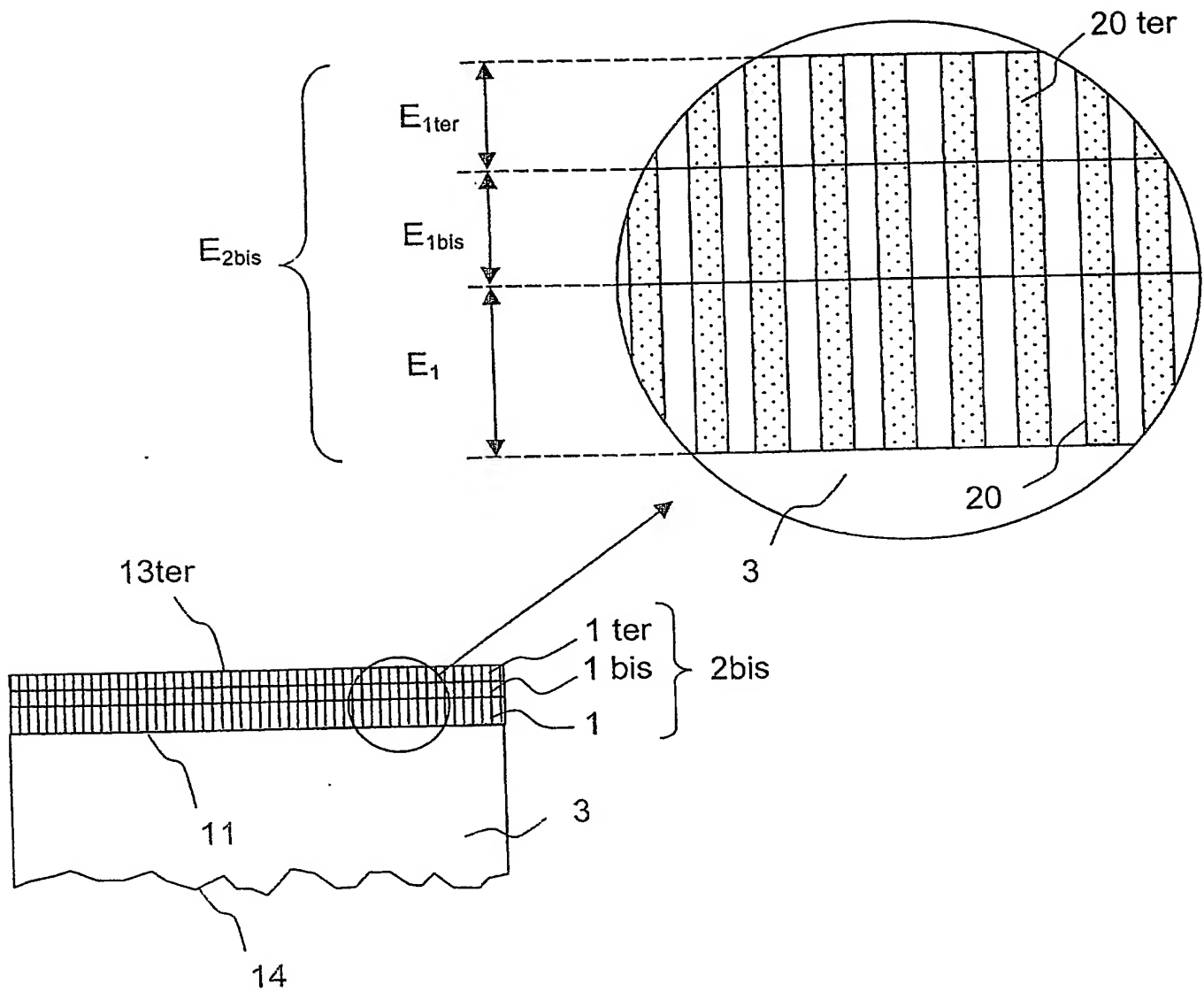


FIG. 4

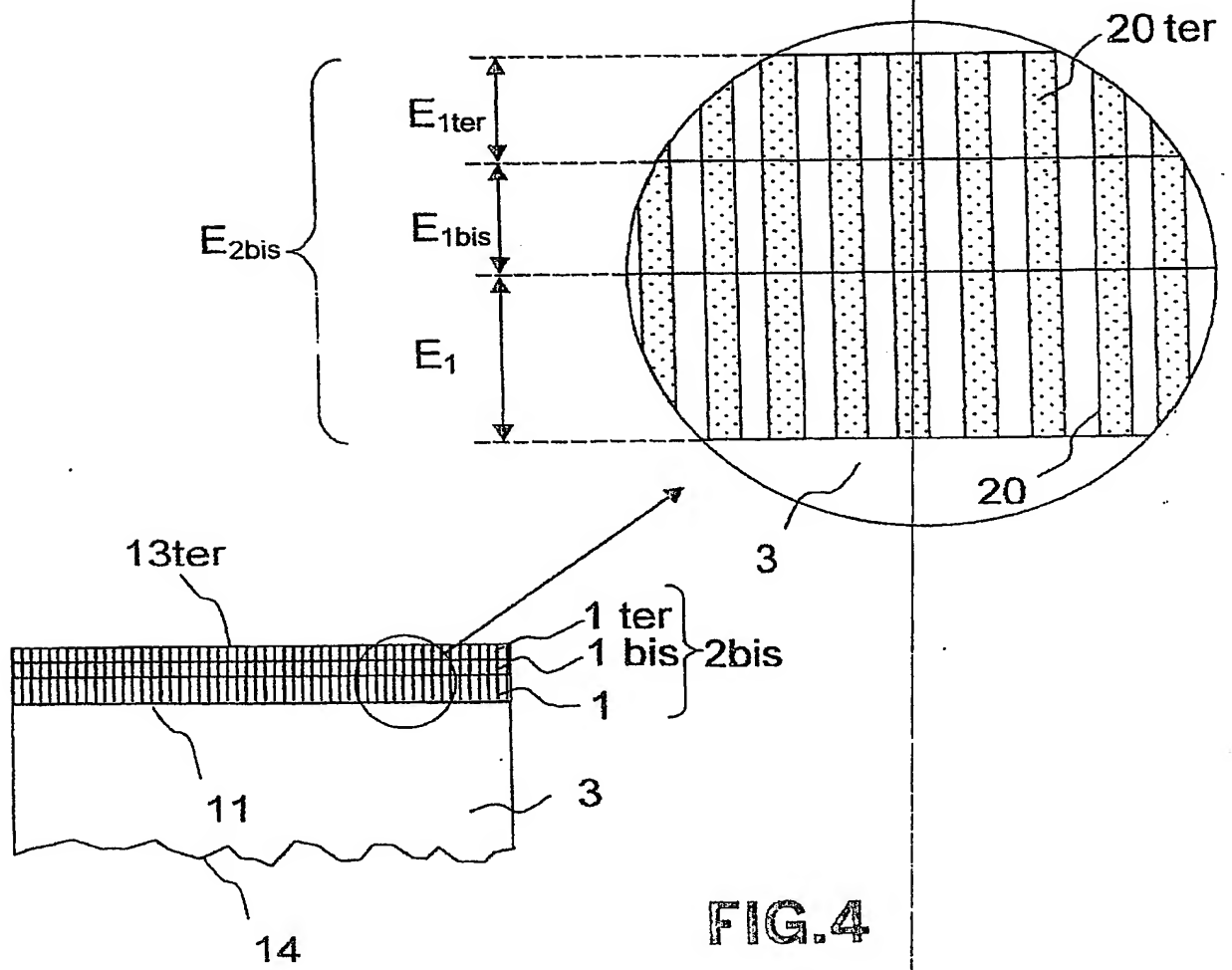


FIG.4

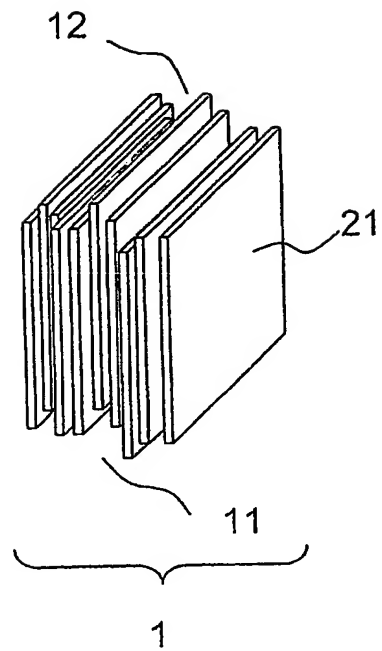


FIG. 5a

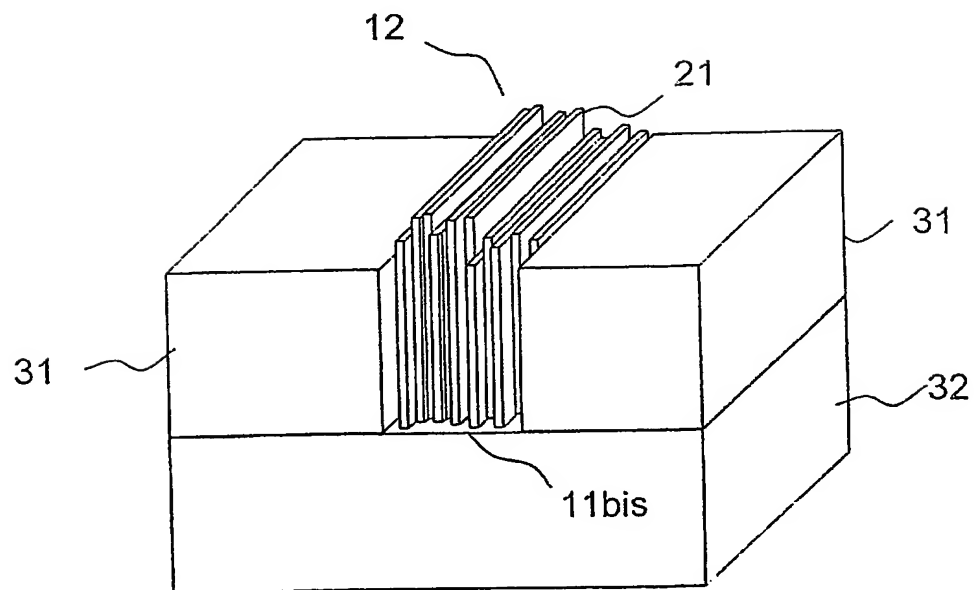


FIG. 5b

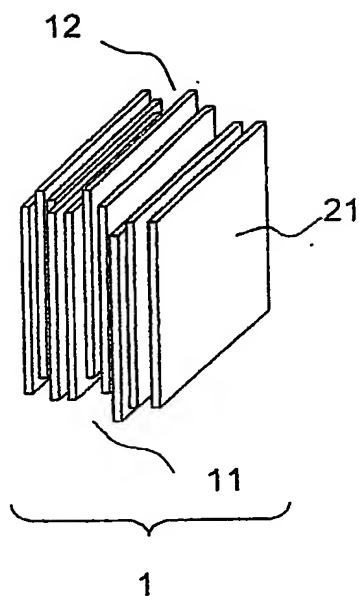


FIG. 5a

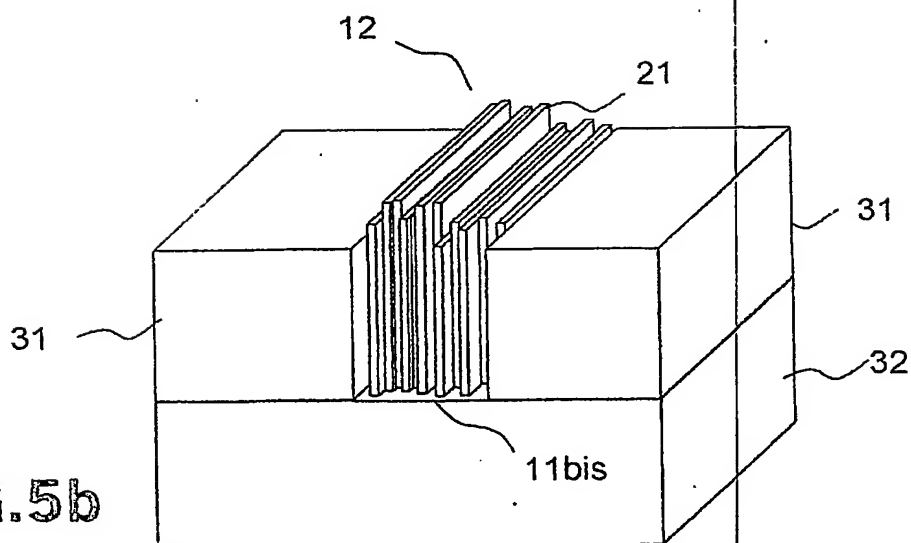


FIG. 5b

FIG. 6a

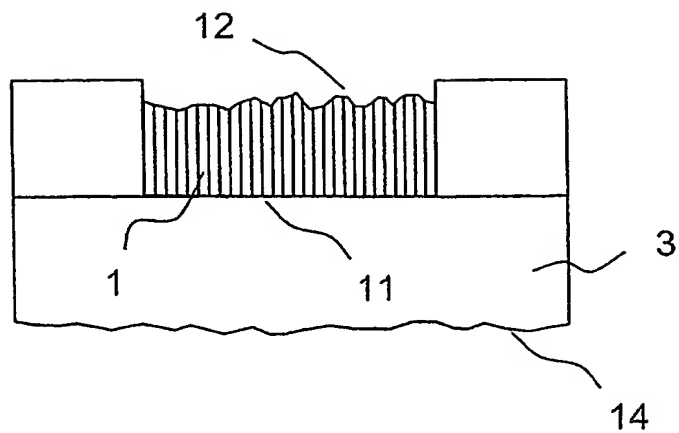


FIG. 6b

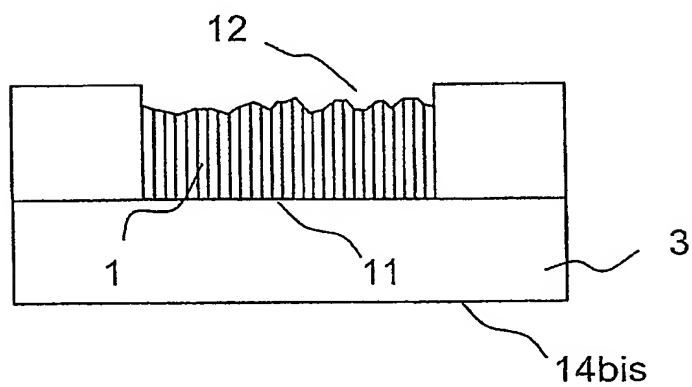


FIG. 6c

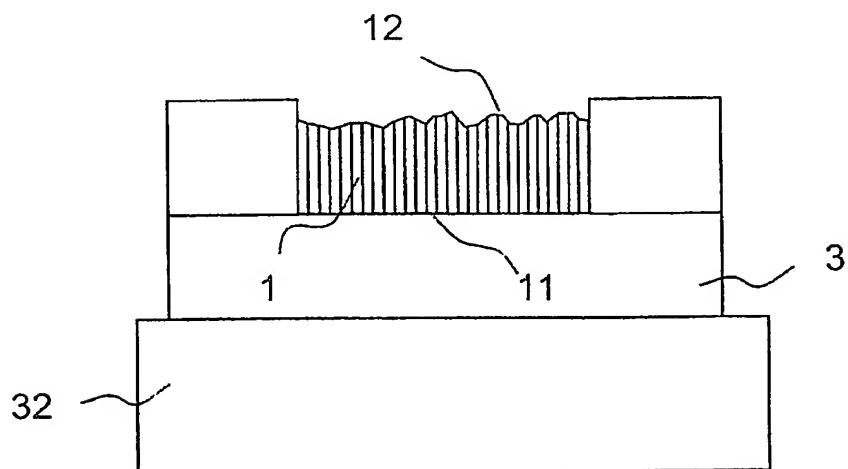


FIG. 6a

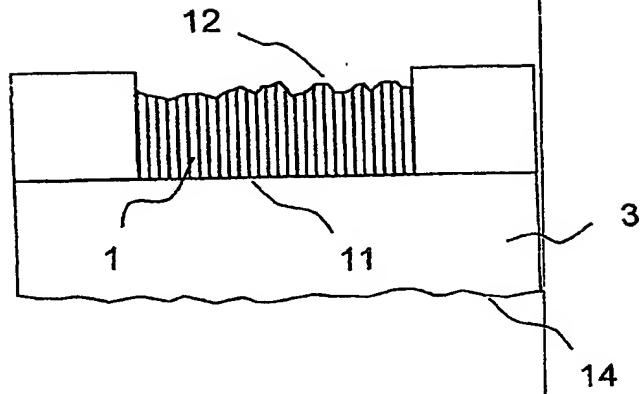


FIG. 6b

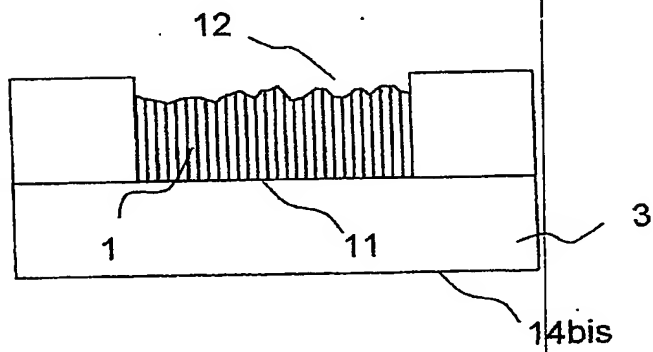
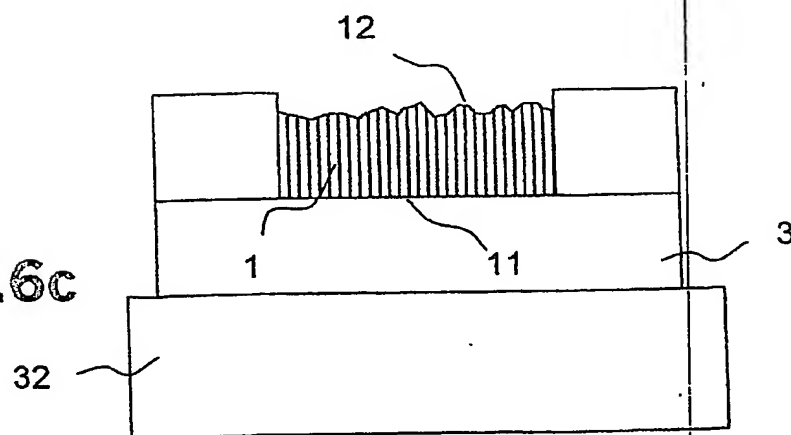


FIG. 6c



ÉPARTEMENT DES BREVETS

6 bis, rue de Saint Pétersbourg

5800 Paris Cedex 08

téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier  
(facultatif) 62928

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL 0215075

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE DE REALISATION DE RESEAUX OPTIQUES NON LINEAIRES EPAIS

LE(S) DEMANDEUR(S) :

THALES

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).

Nom GRISARD

Prénoms Arnaud

Adresse Rue THALES INTELLECTUAL PROPERTY  
13 avenue du Président Salvador Allende  
Code postal et ville 94117 ARCUEIL CEDEX

Société d'appartenance (facultatif)

Nom LALLIER

Prénoms Eric

Adresse Rue THALES INTELLECTUAL PROPERTY  
13 avenue du Président Salvador Allende  
Code postal et ville 94117 ARCUEIL CEDEX

Société d'appartenance (facultatif)

Nom

Prénoms

Adresse Rue  
Code postal et ville

Société d'appartenance (facultatif)

DATE ET SIGNATURE(S)  
DU (DES) DEMANDEUR(S)  
OU DU MANDATAIRE  
(Nom et qualité du signataire)  
29 JAN. 2002  
Sophie ESSELIN

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**